

# FACTORES PRONÓSTICOS DE ÉXITO DE TERCER VENTRICULOSTOMÍA ENDOSCÓPICA CON CAUTERIZACIÓN DE PLEXO COROIDEO EN EL MANEJO DE LA HIDROCEFALIA: UNA REVISIÓN NARRATIVA

## *Prognostic factors of success of endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus cauterization in the management of hydrocephalus: a narrative review*

STEFANO SMOQUINA, S.<sup>1</sup>, JOSÉ MANUEL ZULUETA.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Neurocirugía, Universidad de Valparaíso, Chile

<sup>a</sup> Becario de Neurocirugía. <sup>b</sup> Interno del VII año de Medicina

### RESUMEN

Actualmente, la tercer ventriculostomía endoscópica con coagulación de plexo coroideo (TVE/CPC) se ha posicionado como una alternativa razonable a la derivación de líquido cefalorraquídeo (LCR) en el tratamiento de la hidrocefalia, tanto en países en vías de desarrollo como en contextos sin limitación de recursos. Los resultados muestran que los desenlaces a corto plazo dependen fuertemente de la edad del paciente al momento del procedimiento, la etiología de la hidrocefalia, características anatómicas, y procedimientos previos. Otros factores predictores incluyen marcadores radiográficos postoperatorios y la técnica quirúrgica. En consecuencia, la selección de los pacientes es fundamental a la hora de decidir sobre el uso de este procedimiento. El objetivo de esta revisión es determinar la asociación de factores pronósticos a la efectividad de la TVE/CPC, a fin de facilitar la toma de decisiones respecto al uso de este procedimiento.

**Palabras Claves:** Ventriculostomía, Plexo Coroideo, Hidrocefalia, Derivaciones del Líquido Cefalorraquídeo (fuente: DeCS Bireme)

### ABSTRACT

Currently, endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus coagulation (ETV / CPC) has been positioned as a reasonable alternative to cerebrospinal fluid (CSF) shunt in the treatment of hydrocephalus, both in developing countries and in non-limited settings of resources. The results show that the short-term outcomes strongly depend on the age of the patient at the time of the procedure, the etiology of the hydrocephalus, anatomical characteristics, and previous procedures. Other predictive factors include postoperative radiographic markers and surgical technique. Consequently, the selection of patients is essential when deciding on the use of this procedure. The objective of this review is to determine the association of prognostic factors with the effectiveness of ETV / CPC, to facilitate decision-making regarding the use of this procedure.

**Keywords:** Ventriculostomy, Choroid Plexus, Hydrocephalus, Cerebrospinal Fluid Shunts. (source: MeSH NLM)

Peru J Neurosurg 2021, 3 (2): 61-66

**L**a tercer ventriculostomía endoscópica (TVE) aparece como una alternativa efectiva a la colocación de una derivación de líquido cefalorraquídeo (LCR) para tratar la hidrocefalia obstructiva. El fundamento de este procedimiento sería la restauración del pasaje de LCR obstruido por medio de una ventriculocisternostomía.<sup>1,2</sup>

Esto en un intento de evitar los costos elevados y complicaciones asociadas a una derivación de LCR.<sup>3-6</sup> En el 2005, un trabajo inicial por Warf <sup>7</sup> describe mayores tasas de éxito en grupos selectos al asociar coagulación de plexo coroideo (CPC) con TVE (CPC/TVE). El efecto proporcionado por la CPC sería la de disminuir la producción de LCR, de esta manera ayudando a restaurar la homeostasis del mismo.<sup>8</sup> Impulsados por resultados alentadores de este estudio se desarrollan trabajos que

**Enviado** : 28 de enero del 2021

**Aceptado** : 30 de marzo del 2021

**COMO CITAR ESTE ARTÍCULO:** Smoquina S, Zulueta J-M. Factores pronósticos de éxito de tercer ventriculostomía endoscópica con cauterización de plexo coroideo en el manejo de la hidrocefalia: Una revisión narrativa. *Peru J Neurosurg* 2021; 3 (2): 61-66

identifican factores pronósticos que influirían en la tasa de éxito del procedimiento; principalmente la edad del paciente, la etiología de la hidrocefalia, el estrechamiento de la cisterna prepontina, las derivaciones previas de LCR y el grado de coagulación del plexo.<sup>9-22</sup>

Esta revisión tiene como fin determinar los factores pronósticos que influirían en la tasa de efectividad de la TVE/CPC en el control de la hidrocefalia, como un aporte a la toma de decisiones, formación de expectativas y entrega de información a los pacientes y/o cuidadores.

## Eficacia CPC/TVE: evidencia actual

El estudio 7 que propulsó la investigación de la TVE/CPC demostró que la asociación de TVE con CPC tuvo mayor tasa de éxito en el control de la hidrocefalia que la TVE aislada (68% vs 54%,  $p = 0.0012$ ). En menores de 1 año la tasa de efectividad fue de 66% vs 80% en mayores de 1 año. Al comparar por etiología en menores de 1 año, la menor tasa de efectividad fue de 40% en hidrocefalia posthemorrágica, la mayor fue de 76% en mielomeningocele.

A partir de este estudio surge la idea de que algunos grupos de pacientes se beneficiarían más del procedimiento. Se hizo la búsqueda en PubMed de “*Endoscopic Third Ventriculostomy*” y “*Choroid Plexus Cauterization*”. Se incluyeron aquellos trabajos en que se usaba el procedimiento en conjunto como tratamiento para la hidrocefalia y en los resultados se diferenciaba la eficacia del procedimiento entre grupos según alguna variable, o que el estudio fuese de una subpoblación en que una característica del grupo estudiado fuese una variable comparable con las de otros estudios encontrados según el criterio anterior.

En una cohorte 9 de pacientes con estenosis congénita del acueducto, la TVE/CPC tuvo una tasa de éxito de 81.9%. Un estudio prospectivo 10 en pacientes con hidrocefalia asociada a mielomeningocele mostró un 76% de tasa de efectividad de la TVE/CPC. Además, mostró a las cicatrices de las cisternas prepontina e interpeduncular ( $p = 0.021$ ) y de plexo coroideo ( $p = 0.026$ ) como factores independientes de fracaso de tratamiento. La edad y permeabilidad del acueducto no fueron factores significativos.

Otro estudio 11 en pacientes con hidrocefalia posthemorrágica asociada a la prematuridad demostró un éxito de TVE/CPC de 40%. La tasa de éxito fue de 100% en aquellos con cisterna prepontina sin obstrucción vs 14% en aquellos con cisterna obstruida ( $p = 0.033$ ). Se describe un 73% de tasa de éxito de la TVE/CPC en pacientes con hidrocefalia asociada a complejo de Dandy-Walker.<sup>12</sup>

En un grupo de pacientes en que la TVE/CPC mostró una tasa de éxito global de 50% la etiología y edad al momento de la cirugía no se asociaron con el desenlace. El uso de endoscopio flexible logró >90% CPC en 88% vs 14% con el uso endoscopio rígido ( $p < 0.001$ ). El éxito del

procedimiento fue mayor en aquellos con  $\geq 90\%$  de CPC (82% vs 36%,  $p = 0.0501$ ).<sup>13</sup>

Una serie prospectiva 14 mostró 57% de tasa de éxito de la TVE/CPC como único procedimiento y 65% de independencia de derivativa. Factores independientes de fracaso incluyeron edad menor a 6 meses, etiología postinfecciosa, cicatrices en cisternas, y una derivación previa. Una cohorte 15 demostró un éxito global de CPC/TVE de 43%. La media de edad de los pacientes en que el procedimiento fue exitoso fue mayor (3.9 meses vs 0.8 meses,  $p = 0.01$ ).

Se reporta un 37% de éxito de la TVE/CPC en pacientes con hidrocefalia posthemorrágica del prematuro. Una cisterna prepontina estrecha documentada por resonancia magnética (RMN), y una edad corregida menor a 0 semanas al momento de la cirugía fueron factores independientes de fracaso.<sup>16</sup> En contraste con hallazgos anteriores, un estudio describe que una cisterna cicatricial vista endoscópicamente se asoció a fracaso de la TVE/CPC, no obstante, el grado de CPC y los hallazgos imagenológicos de la anatomía de la cisterna previos a la cirugía no se asociaron a fracaso.<sup>17</sup>

Otro estudio con hidrocefalias de diversas etiologías mostró un éxito global del procedimiento de 75%, con la mejor tasa de éxito en mielomeningocele (87.5%) y la peor en postinfecciosa (50%).<sup>18</sup> En un análisis de multivariantes de resultados prospectivos se determinó que menor edad ( $p = 0.002$ ), mayor tamaño ventricular ( $p = 0.009$ ) y menor grado de CPC ( $p = 0.02$ ) se asociaron a fracaso de la TVE/CPC.<sup>19</sup>

Un estudio prospectivo analizó factores predictores de éxito de la TVE/CPC. La tasa de éxito global fue de 48% a los 6 meses. Como variable única, la edad ( $p = 0.026$ ) y la etiología ( $p = 0.001$ ) se asociaron al desenlace. El análisis multivariante arrojó que una edad corregida <1 mes (RR ajustado 1.9, 95% IC 1.0–3.6) y la hemorragia intraventricular asociada a prematuridad (RR ajustado 2.0, 95% IC 1.1–3.6) fueron factores independientes de fracaso. También un tamaño ventricular preoperatorio mayor se asoció a mayor fracaso (RR 6.9, 95% IC 1.3–37.9;  $p = 0.027$ ). El uso de endoscopio flexible ( $p = 0.095$ ), el entrenamiento formal en este procedimiento ( $p = 0.089$ ) y un grado de CPC >90% ( $p = 0.94$ ) no tuvieron asociación al desenlace.<sup>20</sup>

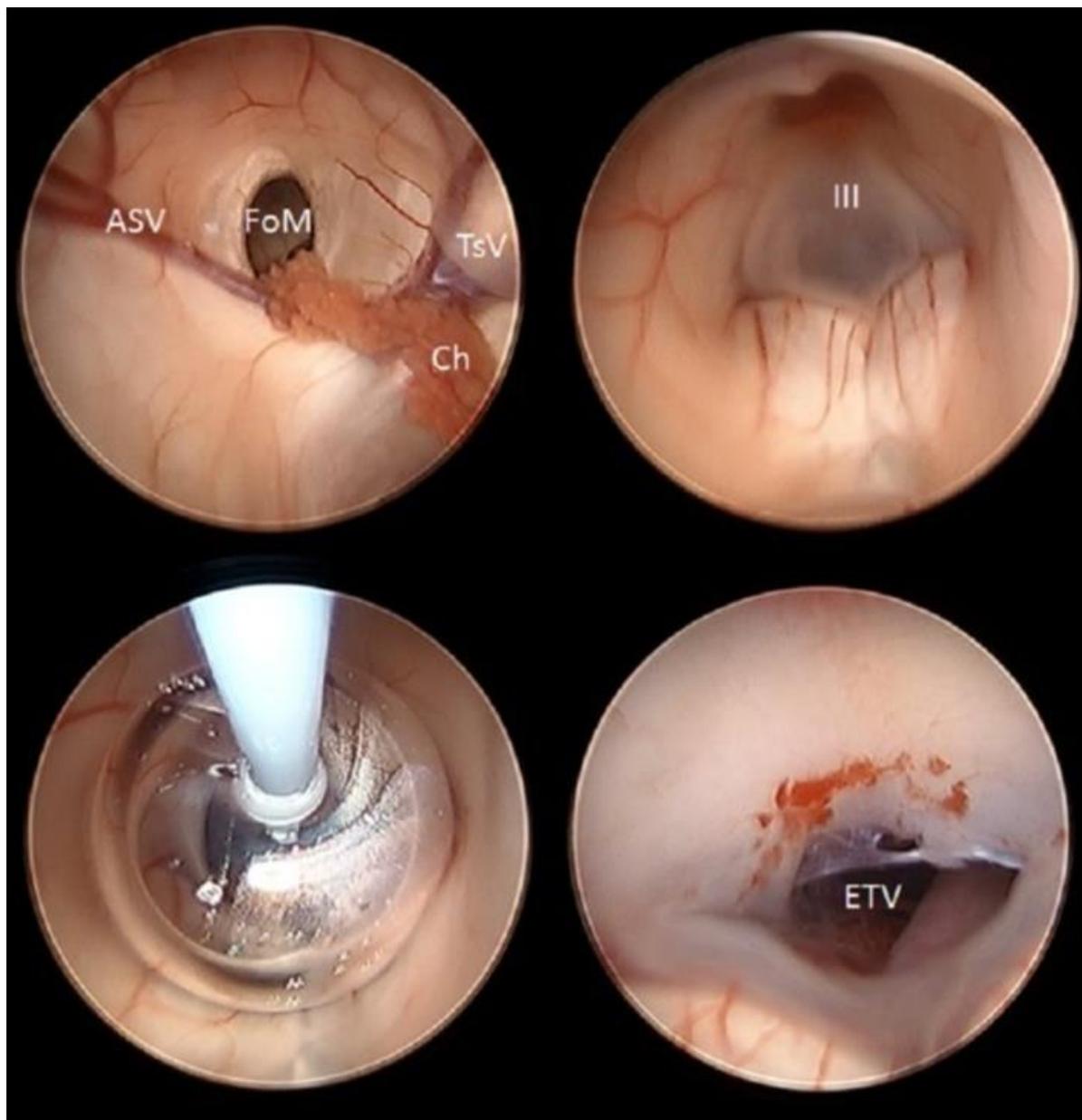
Experiencia Haitiana 21 muestra un éxito global de la TVE/CPC de 52.2%. Además, asoció un *Endoscopic Third Ventriculostomy Success Score* modificado 22 menor como un factor de riesgo independiente para el fracaso (RR 0.072, 95% IC 0.016–0.32,  $p < 0.001$ ).

En un estudio 23 con un 56% de tasa de éxito global de la TVE/CPC, pacientes con mielomeningocele (83%) y estenosis acueductal (83%) congénita fueron los grupos con mayor tasa de éxito, por el contrario, aquellos con hemorragia intraventricular fueron los con menor tasa de

éxito (40%). La aparición de turbulencia de LCR en la RMN de secuencia rápida fue más frecuente en el grupo de pacientes en que fracasó la TVE/CPC (55% vs 18%,  $p = 0.02$ ). La sensibilidad y especificidad de la turbulencia de LCR como marcador radiográfico de fracaso de la TVE/CPC fue de 80% y 58%, respectivamente. La persistencia de plexo coroideo en las imágenes se registró en 71% de los pacientes que necesitaron de derivación ulterior, en comparación con un 6% de los pacientes que no necesitaron de derivación de LCR ( $p = 0.0001$ ). La visualización del plexo coroideo en imágenes a pesar de la TVE/CPC reflejó un fracaso de tratamiento con un 91% de sensibilidad y 81% de especificidad.

Un estudio <sup>24</sup> comparó la efectividad del uso de endoscopio

rígido contra endoscopio flexible al realizar una TVE/CPC. En el grupo en que se utilizó endoscopio flexible se logró la CPC del cuerno temporal bilateral en 98.9% vs 47.1% en el grupo de endoscopio rígido ( $p < 0.001$ ). La tasa de éxito a 12 meses según análisis de supervivencia fue de 57% con endoscopio flexible vs 38% con endoscopio rígido ( $p = 0.0044$ ). En el análisis de supervivencia no ajustado, la neuroendoscopia rígida se asoció a fracaso (RR 1.61, 95% IC 1.05–2.48,  $p = 0.031$ ). El análisis ajustado por covariables arrojó un RR para la falla de neuroendoscopia rígida contra flexible de 1.1 (95% IC 0.69–1.73,  $p = 0.70$ ). Según etiología, el mayor riesgo de fracaso se asoció a etiología postinfecciosa (RR 3.48, 95% IC 1.73–7.01,  $p = 0.0027$ ), mientras que el grupo con mielomeningocele demostró el menor riesgo de fracaso (RR 0.49, 95% IC 0.25–0.94,  $p =$



**Fig 1:** Neuroendoscopia intraoperatoria donde se observa: El Foramen de Monro (FoM), la Vena Septal Anterior (ASV), el Plexo Coroideo (Ch), la Vena tálamoestriada (TsV), el Piso del Tercer Ventrículo (III), y la Ventriculostomía (ETV) (imagen tomada de Allen L Ho publicada en Research gate) <sup>34</sup>

0.019). La presencia de cualquier tipo de derivación previa de LCR (RR 1.78, 95% IC 1.15–2.77,  $p = 0.013$ ) y la presencia de una cisterna prepontina cicatricial (RR 2.80, 95% IC 1.77–4.43,  $p < 0.000$ ) también fueron factores predictores de fracaso. Una edad mayor a la mediana de 3.2 meses se asoció con menor tasa de fracaso (RR 0.58, 95% IC 0.38–0.90,  $p = 0.014$ ). El sexo no se asoció significativamente a algún tipo de desenlace.

## DISCUSIÓN

En la última década se ha acumulado más evidencia que nunca respecto a la eficacia y seguridad de la TVE/CPC como procedimiento para tratar la hidrocefalia. Inicialmente los trabajos fueron en África con el fin de encontrar una alternativa viable para la derivación de LCR, por su importante perfil de complicaciones<sup>5</sup> que incluyen infecciones, disfunción de la derivación ventrículo peritoneal (DVP) y sobredrenaje, entre otras, en un ambiente en que el seguimiento de los pacientes no era fácil. Resultados alentadores hicieron que los investigadores reprodujeran la experiencia en Norteamérica, en que la barrera económica no es la mayor dificultad.

En este trabajo se dará como explicación a los resultados clínicos la teoría clásica de la circulación de LCR. No obstante, es importante señalar que, bajo la nueva teoría hidrodinámica,<sup>25</sup> que argumenta que el LCR sería producido a lo largo de todo el sistema nervioso central por medio de un equilibrio entre fuerzas hidrostáticas y oncóticas como el resto de los fluidos corporales, este procedimiento no estaría solucionando la fisiopatología del cuadro. El fundamento de este procedimiento es restaurar la homeostasis del LCR por medio de llegar a un equilibrio entre la producción y la absorción de este mismo. Por un lado, la TVE solucionaría un factor obstructivo posiblemente involucrado en la reducción de la absorción del LCR. Por otro lado, la CPC tiene como objetivo eliminar una fuente de producción de LCR que, aunque no sea la mayor,<sup>26–28</sup> tiene influencia en el volumen total de LCR y, al no estar presente contribuye a su estabilización.

La evidencia acumulada nos muestra que agregar CPC a la TVE aumentaría la tasa global de éxito en comparación a TVE sola.<sup>7–9,29</sup> Los pacientes con mayores tasas de éxito según etiología fueron los pacientes con hidrocefalia secundaria a mielomeningocele, estenosis acueductal congénita y complejo de Dandy-Walker.<sup>7–9,10,12</sup> Los pacientes con menores tasas de éxito fueron aquellos con hidrocefalia postinfecciosa y secundaria a hemorragia intraventricular de la prematuridad.<sup>11,14,16,18,20,23,25</sup> La disparidad en la tasa de éxito según etiología se explica por un razonamiento fisiopatológico. En los casos en que existe una probable obstrucción en el flujo de LCR, como mielomeningocele,<sup>30</sup> la TVE actuaría como un “bypass” a la obstrucción, junto al respectivo rol de la CPC en reducir la producción de LCR. En cambio, en los casos en que no hay un factor obstructivo claro, la TVE no tendría mayor influencia, por lo que la CPC

pasaría a ser el mecanismo principal por el cual se estabilizaría el volumen de LCR, siendo este subóptimo por sí solo.

La edad también fue un factor transversalmente catalogado como pronóstico. Edades tempranas, al momento de la cirugía, se asociaron proporcionalmente a mayores tasas de fracaso de la TVE/CPC, este efecto fue máximo en pacientes menores a 1 mes de edad corregida.<sup>7,14–16,19,20</sup> Una razón por la cual existe esta diferencia según la edad del paciente puede ser porque a menores edades el piso del tercer ventrículo es más grueso, por lo que el procedimiento en sí puede resultar frustrado o a la larga tener más probabilidad de cerrarse el estoma.<sup>31,32</sup> También podría ser debido a un cráneo más distensible a menor edad, eso permitiría con mayor facilidad una deformación plástica del cráneo llevando al diagnóstico de falla del procedimiento; en contraste, un cráneo sin esa plasticidad determinaría un cerebro con menor “compliance”, con mayores aumentos de presión que aun siendo subclínicos pueden tener un rol en la homeostasis del LCR, al alterar la hidrodinámica del mismo, como un freno para el posterior desarrollo de una hidrocefalia manifiesta.

Otro factor pronóstico de fracaso que se reprodujo a lo largo de los estudios fue la presencia de cisterna prepontina estrecha en estudios de imágenes preoperatorios o durante el procedimiento.<sup>10,11,14,16,17,24</sup> Esto se explica porque al haber una obstrucción en el circuito de LCR en el compartimiento que se conecta con el tercer ventrículo por medio de la estoma, esta no cumpliría su fin. También la tasa de fracaso aumenta si, en algunos centros durante la ventriculoscopia se identifica una distorsión anatómica importante, el procedimiento es abandonado y asumido como fracaso. Los trabajos en que una cisterna prepontina estrecha no se asoció a fracaso pudo deberse a la variabilidad inherente entre observadores al momento de evaluar una neuroimagen.<sup>17,20</sup>

La presencia de derivación de LCR previa a la realización de TVE/CPC también fue catalogada como factor de riesgo de fracaso de la última.<sup>14,24</sup> Igualmente, ventrículos de mayor tamaño al momento de la cirugía fueron predictores de fracaso.<sup>20</sup> La razón por la cual los pacientes con procedimientos de derivación previa y ventrículos de mayor tamaño tuvieron menor tasa de éxito puede deberse a que fueron pacientes con un proceso patológico más avanzado, cuyo resultado sería insuficiente, independientemente del procedimiento utilizado. En contraparte, pacientes con ventrículos de menor tamaño podrían tener más éxito debido a un proceso fisiopatológico en detención.

El grado de cauterización del plexo coroideo se asoció proporcionalmente a mayores tasas de éxito del procedimiento conjunto, siendo un factor predictor de fracaso en los casos en que fue menor al 90%.<sup>13,19</sup> Incluso se agrega al *ETV Success Score* revisado.<sup>22</sup> Asimismo, el uso de endoscopio flexible se asocia a mayor grado de CPC y también a mayor tasa de éxito de la TVE/CPC en

comparación al uso de endoscopio rígido.<sup>24</sup> Sin embargo, también existen resultados que indicarían que no existe una asociación significativa entre la extensión de la cauterización del plexo y la tasa de éxito del procedimiento.<sup>17,20</sup> Desde un punto de vista fisiopatológico tendría sentido que mayor extensión de la cauterización resulte en una disminución mayor en la producción de LCR en el plexo, por ende aportando más al control de la hidrocefalia. Se describe que no solo es importante la coagulación de todo el plexo, sino que también de los vasos que discurren a través de él, incluyendo las ramas de la arteria coroidea anterior, la arteria coroidea lateral posterior y la vena coroidea superior.<sup>7,29,33</sup> La diferencia de resultados entre estudios pudo ser en parte por la falta de un método estandarizado para informar el grado de CPC, o por diferencias en la técnica quirúrgica. Por lo tanto, se necesitan estudios prospectivos que utilicen un mismo sistema para informar el grado de CPC y estandarización de la técnica antes de catalogar el grado de CPC sobre o bajo 90% como un factor independiente de desenlace del procedimiento. Puntajes menores en el *ETV Success Score* revisado se asociaron independientemente a fracaso de la TVE/CPC, lo que indirectamente apoya la idea de que el grado de cauterización sí influye en el desenlace.<sup>21</sup>

También se investigó el uso de marcadores radiográficos como pronóstico de éxito del procedimiento. La turbulencia de LCR y presencia de plexo coroideo en la RMN de secuencia rápida posterior la TVE/CPC estuvo asociado con menores tasas de éxito. La turbulencia estaría presente por un posible factor obstructivo no resuelto con la TVE u otra causa que esté alterando la hidrodinámica del LCR, por lo que el proceso fisiopatológico no habría sido resuelto. En cambio, la presencia de CPC en un examen de imagen indicaría que el procedimiento para disminuir la cantidad de LCR producido no se logró por completo, por lo que tendría menor efecto en tratar de estabilizar el volumen de LCR. De todas maneras, sería adecuado la generación de estudios formales que evalúen la fiabilidad intra- e interobservador de estos hallazgos para corroborarlos del todo.<sup>23</sup>

Los desenlaces a corto plazo han sido estudiados e indican que añadir CPC a TVE es una práctica segura y eficaz en aumentar la tasa de éxito de la TVE como tratamiento para la hidrocefalia. Sin embargo, la mayoría de estos estudios carecen de un seguimiento largo y de análisis de los desenlaces neurocognitivos y funcionales de los pacientes. Dentro de estos, sería prudente incluir datos sobre la satisfacción y calidad de vida del paciente y sus cuidadores, que dentro de la práctica de la neurocirugía pediátrica es un tema troncal a la hora de tomar decisiones. Por lo tanto, se requieren de nuevos ensayos clínicos aleatorizados que comparen directamente la TVE/CPC con derivaciones de LCR, con un seguimiento más largo, estandarizando definiciones de fracaso del procedimiento, y que evalúen desenlaces del neurodesarrollo para determinar en qué casos se beneficiarían los pacientes de un procedimiento por sobre el otro como un nuevo estándar de cuidado. Hasta que no se desarrolle la evidencia descrita, la decisión de usar

TVE/CPC debe discutirse caso a caso poniendo en la balanza los numerosos factores que influyen en su éxito, como también el contexto sociosanitario y la decisión informada de la familia del paciente.

## CONCLUSIÓN

Los desenlaces a corto plazo han sido estudiados e indican que añadir CPC a TVE es una práctica segura y eficaz en aumentar la tasa de éxito de la TVE como tratamiento para la hidrocefalia. Además, la tasa de éxito global del procedimiento conjunto, lo hace una razonable primera opción de tratamiento para la hidrocefalia en pacientes seleccionados.

Factores asociados a mayor tasa de éxito de la TVE/CPC son: Hidrocefalia secundaria a mielomeningocele, estenosis acueductal congénita y Complejo de Dandy-Walker; edades mayores (principalmente >1 año); y probablemente cauterización  $\geq 90\%$  del plexo coroideo.

Factores pronósticos negativos incluyen: Edades corregidas menores al momento del procedimiento, con el máximo efecto en el grupo <1 mes; procedimiento de derivación de LCR previo; etiología posthemorrágica y postinfecciosa; cisterna prepontina estrecha en neuroimágenes o ventriculoscopia; presencia de turbulencia de LCR y visualización de plexo coroideo postoperatorio en RMN de secuencia rápida; y probablemente cauterización <90% del plexo coroideo. Todavía son necesarios ensayos clínicos aleatorizados que comparen TVE/CPC directamente con terapias de derivación de LCR, y que estudien desenlaces neurocognitivos y de calidad de vida a largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Idowu O, Doherty A, Tihamiyu O. Initial experience with endoscopic third ventriculostomy in Nigeria, West Africa. *Childs Nerv Syst.* 2008; 24:253–255.
2. Zandian A, Haffner M, Johnson J, Rozzelle CJ, Tubbs RS, Loukas M. Endoscopic third ventriculostomy with/without choroid plexus cauterization for hydrocephalus due to hemorrhage, infection, Dandy-Walker malformation, and neural tube defect: a meta-analysis. *Childs Nerv Syst.* 2014;30(4):571–578.
3. Drake JM, Kestle JR, Milner R et al. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery.* 1998; 43:294–303.
4. Mugamba J, Stagno V. Indication for endoscopic third ventriculostomy. *World Neurosurg.* 2013; 79(2 Suppl): S20.e19–S20.e23.
5. Wu Y, Green NL, Wrensch MR, et al. Ventriculoperitoneal shunt complications in California: 1990 to 2000. *Neurosurgery.* 2007;61(3):557–563.
6. Malheiros JA, Trivelato FP, Oliveira MM, et al. Endoscopic choroid plexus cauterization versus ventriculoperitoneal shunt for hydranencephaly and near hydranencephaly: a prospective study. *Neurosurgery.* 2010; 66:459–464; discussion 464.
7. Warf BC. Comparison of endoscopic third ventriculostomy alone and combined with choroid plexus cauterization in infants younger than 1 year of age: a

- prospective study in 550 African children. *J Neurosurg.* **2005**; 103: 475-481.
8. Morota N, Fujiyama Y. Endoscopic coagulation of choroid plexus as treatment for hydrocephalus: indication and surgical technique. *Childs Nerv Syst.* **2004**; 20:816-820.
  9. Warf BC, Tracy S, Mugamba J. Long-term outcome for endoscopic third ventriculostomy alone or in combination with choroid plexus cauterization for congenital aqueductal stenosis in African infants. *J Neurosurg Pediatr.* **2012**; 10: 108-111.
  10. Warf BC, Campbell JW. Combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization as primary treatment of hydrocephalus for infants with myelomeningocele: long-term results of a prospective intent-to-treat study in 115 East African infants. *J Neurosurg Pediatr.* **2008**; 2:310-316.
  11. Warf BC, Campbell JW, Riddle E. Initial experience with combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization for post-hemorrhagic hydrocephalus of prematurity: the importance of prepontine cistern status and the predictive value of FIESTA MRI imaging. *Childs Nerv Syst.* **2011**;27(7):1063-1071.
  12. Warf BC, Dewan M, Mugamba J. Management of Dandy-Walker complex-associated infant hydrocephalus by combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization. *J Neurosurg Pediatr.* **2011**; 8:377-383.
  13. Kulkarni AV, Riva-Cambrin J, Browd SR, et al. Endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization in infants with hydrocephalus: a retrospective Hydrocephalus Clinical Research Network study. *J Neurosurg Pediatr.* **2014**;14(3):224-229.
  14. Stone SS, Warf BC. Combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization as primary treatment for infant hydrocephalus: a prospective North American series. *J Neurosurg Pediatr.* **2014**; 14:439-446.
  15. Dewan MC, Lim J, Morgan CD, et al. Endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus cauterization outcome: distinguishing success from failure. *J Neurosurg Pediatr.* **2016**;25(6):655-662.
  16. Chamiraju P, Bhatia S, Sandberg DI, Ragheb J: Endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization in posthemorrhagic hydrocephalus of prematurity. *J Neurosurg Pediatr.* **2014**; 13:433-439.
  17. Weil AG, Fallah A, Chamiraju P, et al. Endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization with a rigid neuroendoscope in infants with hydrocephalus. *J Neurosurg Pediatr.* **2016**;17(2):163-173.
  18. Bankole OB, Ojo OA, Nnadi MN, et al. Early outcome of combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization in childhood hydrocephalus. *J Neurosurg Pediatr.* **2015**; 15:524-528.
  19. Kulkarni AV, Riva-Cambrin J, Rozzelle CJ, et al. Endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization in infant hydrocephalus: a prospective study by the Hydrocephalus Clinical Research Network. *J Neurosurg Pediatr.* **2018**;21(3):214-223.
  20. Riva-Cambrin J, Kestle JRW, Rozzelle CJ, et al. Predictors of success for combined endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization in a North American setting: A Hydrocephalus Clinical Research Network study [published online ahead of print, 2019 May 31]. *J Neurosurg Pediatr.* **2019**;1-11.
  21. Shah AH, LaFortune Y, Ibrahim GM, et al. Endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus cauterization for the treatment of infantile hydrocephalus in Haiti [published online ahead of print, 2020 Jan 10]. *J Neurosurg Pediatr.* **2020**;1-6.
  22. Warf BC, Mugamba J, Kulkarni AV: Endoscopic third ventriculostomy in the treatment of childhood hydrocephalus in Uganda: report of a scoring system that predicts success. *J Neurosurg Pediatr.* **2010**; 5:143-148.
  23. Pindrik J, Rocque BG, Arynchyna AA, et al. Radiographic markers of clinical outcomes after endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus cauterization: cerebrospinal fluid turbulence and choroid plexus visualization. *J Neurosurg Pediatr.* **2016**; 13:1-9.
  24. Wang S, Stone S, Weil AG, et al. Comparative effectiveness of flexible versus rigid neuroendoscopy for endoscopic third ventriculostomy and choroid plexus cauterization: a propensity score-matched cohort and survival analysis. *J Neurosurg Pediatr.* **2017**;19(5):585-591.
  25. Orešković D, Klarica M. Development of hydrocephalus and classical hypothesis of cerebrospinal fluid hydrodynamics: facts and illusions. *Prog Neurobiol.* **2011**;94(3):238-258.
  26. Milhorat TH, Hammock MK, Chien T, Davis DA. Normal rate of cerebrospinal fluid formation five years after bilateral choroid plexectomy. Case report. *J Neurosurg.* **1976**;44(6):735-739.
  27. Pollay M, Curl F. Secretion of cerebrospinal fluid by the ventricular ependyma of the rabbit. *Am J Physiol.* **1967**;213(4):1031-1038.
  28. Sato O, Bering EA. Extra-ventricular formation of cerebrospinal fluid. *No to Shinkei.* **1967**;19(9):883-885.
  29. Zandian A, Haffner M, Johnson J, et al. Endoscopic third ventriculostomy with/without choroid plexus cauterization for hydrocephalus due to hemorrhage, infection, Dandy-Walker malformation, and neural tube defect: a meta-analysis. *Childs Nerv Syst.* **2014**;30(4):571-578.
  30. Cohen AR, Robinson S. Early management of myelomeningocele, in McLone DG (ed): **Pediatric Neurosurgery, ed 4.** Philadelphia: WB Saunders, 2001, pp 241-260.
  31. Tubbs RS, Hattab EM, Loukas M, et al. Histological analysis of the third ventricle floor in hydrocephalic and nonhydrocephalic brains: application to neuroendocrine complications following third ventriculostomy procedures. *J Neurosurg Pediatr.* **2012**; 9:178-181.
  32. Sufianov AA, Sufianova GZ, Iakimov IA. Endoscopic third ventriculostomy in patients younger than 2 years: outcome analysis of 41 hydrocephalus cases. *J Neurosurg Pediatr.* **2010**;5: 392-401.
  33. Hallaert GG, Vanhauwaert DJ, Logghe K, et al. Endoscopic coagulation of choroid plexus hyperplasia. *J Neurosurg Pediatr.* **2012**;9(2):169-177.
  34. Allen L Ho, Arjun Pendharkar, Eric S Sussman, Gordon Li. Dual-trajectory Approach for Simultaneous Cyst Fenestration and Endoscopic Third Ventriculostomy for Treatment of a Complex Third Ventricular Arachnoid Cyst - **Scientific Figure on ResearchGate.** Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Endoscopic-third-ventriculostomy-ETV-Intraoperative-neuroendoscopy-image-captures\\_fig3\\_276774358](https://www.researchgate.net/figure/Endoscopic-third-ventriculostomy-ETV-Intraoperative-neuroendoscopy-image-captures_fig3_276774358) [accessed 30 Mar, 2021]

#### Declaración de conflicto de intereses

El autor reporta que no existe conflicto de interés en lo concerniente a los materiales y métodos usados en este estudio o a los hallazgos específicos en el mismo.

#### Contribución de los autores

*Concepción y diseño:* Smoquina, Zulueta. *Redacción del artículo:* Smoquina. *Revisión crítica del artículo:* Smoquina. *Revisó la versión reenviada del artículo:* Smoquina, Zulueta. *Aprobó la versión final del artículo:* Smoquina.

#### Correspondence

Stefano Smoquina. *Bechario Neurocirugía. Universidad de Valparaíso, Chile.* Correo-e: [stefano.smoquina@gmail.com](mailto:stefano.smoquina@gmail.com)